3개의 서로 다른 엉덩관절 벌림 각도에 따른 교각 운동 중 큰볼기근, 뒤넓다리근, 뭇갈래근의 근활성도 비교

최지석^{1,2}, 장태진^{1,2}, 전인철^{1,2}

¹호서대학교 생명보건대학 물리치료학과, ²호서대학교 스마트 헬스케어 융복합 연구센터

Comparison of Gluteus Maximus, Hamstring and Multifidus Muscle Activities During Bridge Exercises According to Three Different Hip Abduction Angles

Ji-Seok Choi^{1,2}, PT, Tae-Jin Jang^{1,2}, PT, In-Cheol Jeon^{1,2}, PT, PhD

¹Department of Physical Therapy, College of Life and Health Science, Hoseo University, ²Smart Healthcare Convergence Research Center, Hoseo University, Asan, Korea

Article Info

Received December 31, 2021

Revised January 11, 2022

Accepted January 12, 2022

Corresponding Author

In-Cheol Jeon

E-mail: jeon6984@hoseo.edu

<https://orcid.org/0000-0002-6549-6866>

Key Words

Bridge exercise
Gluteus maximus
Hamstring muscle
Hip abduction
Muscle activation

Background: Muscle activities of gluteus maximus (GM) and hamstring (HAM) have important roles in the stability and mobility of the hip joint during various functional activities including bridge and prone hip extension exercises.

Objects: The purpose of this study is to investigate muscle activities of GM, multifidus (MF) and HAM during three different bridge exercises in healthy individuals.

Methods: Twenty healthy subjects were participated. Electromyography device was used to measure muscle activities of GM, MF and HAM. Each subject was asked to perform three different bridge exercises with hip abduction (0°, 15°, 30°) in random order. One-way repeated measures analysis of the variance and a Bonferroni post hoc test were used. Statistical significance was set at $\alpha = 0.01$.

Results: The muscle activity of GM was significantly different among three conditions (hip abduction 0°, 15°, 30°) (adjusted p-value [Padj] < 0.01). The muscle activity of GM was significantly greater during bridge exercise with hip abduction 30° compared to 0° and 15° (Padj < 0.01). There was no significant difference in the muscle activity of MF and HAM muscle (Padj > 0.01). The ratio of muscle activity (ratio = GM/HAM) during bridge exercise with hip abduction 30° was significant greater compared to the hip abduction angles 0° and 15° (Padj < 0.01).

Conclusion: Bridge exercise with hip abduction 30° can be recommended to selectively facilitate the muscle activity of GM and improve the ratio of muscle activity between GM and HAM.

INTRODUCTION

엉덩관절은 하지의 운동성과 안정성을 동시에 필요로 하는 관절이다 [1]. 타원형 모양의 넓다리뼈 머리는 둥근 구조물에 3분의 2가 덮여있는데, 이런 형태의 구조물을 절구 관절이라고 하며 이 관절은 안정성과 운동성을 동시에 제공한다[1]. 엉덩관절의 안정성에는 관절 구조물뿐만 아니라 근육들도 기여한다. 이러한 근육들에는 엉덩허리근, 볼기근, 넓다리내모근, 뭇갈래근, 넓다리두갈래근과 같은 많은 근육들이 있다 [1]. 그중에서 큰볼기근과 넓다리두갈래근이 엉덩관절의 안정성에 중

요한 역할을 한다[2,3]. 엉덩관절의 안정성을 제공하는 근육들이 약화될 경우 허리 통증 그리고 엉덩관절 충돌(impingement)과 같은 증상이 나타난다[1]. 이와 같은 증상들은 협응력(coordination)과 근지구력을 저하시키고, 기능적인 장애와 제한을 만들게 된다[4]. 그에 따라, 여러 가지 하지 운동들이 큰볼기근, 넓다리두갈래근이 약한 사람에게 제안되어 왔다[5]. 이전의 연구들에 따르면 닫힌 사슬 환경에서 수행되는 운동인 스쿼트나 런지는 큰볼기근과 넓다리두갈래근의 근활성도를 향상시키는 것을 확인하였다[6,7].

Ekstrom 등[8]의 연구에서는 런지, 플랭크, 교각 운동 등이 포함된 9

개 운동을 비교하였는데, 닫힌 사슬 환경의 운동 중 큰볼기근과 못갈래근, 넙다리두갈래근 세 근육을 효율적으로 활성화시켜주는 운동은 교각 운동이라고 보고되었다. 교각운동은 매트 위에서 수행할 수 있는 가장 기본적인 운동이며, 서 있는 자세와 앉은 자세에서 부드러운 움직임을 발달시킬 수 있는 운동이다[9]. 그리고 닫힌 사슬 환경으로 손과 발이 고정된 상태로 수행되며, 대항근의 수축을 유발하여 관절에 대한 압력을 증가시켜, 관절의 안정성과 고유수용성감각을 향상시킨다[10]. 또한 근육 기능 간의 협응력 발달에 도움을 준다[11]. 특히 골반 움직임을 촉진하고, 골반 주변을 지지하여 안정화에 기여하는 몸통 펌근 및 엉덩관절 펌근의 활성도를 향상시킬 수 있다[12].

몸통 펌근과 엉덩관절 펌근에는 다양한 근육들이 있지만, 그중 대표적인 근육으로 못갈래근, 큰볼기근, 넙다리두갈래근이 있다. 큰볼기근은 엉치엉덩관절에 압력을 가하여 안정성을 제공해 주며, 엉덩관절을 펴고 골반을 안정화하는 데 중요한 역할을 한다[13]. 넙다리두갈래근은 골반을 안정시키는 역할과 골반 뒤쪽을 지지하기 때문에 엉덩관절의 굽힘이 발생할 때 넙다리뼈 머리가 아래쪽 굴림(Inferior glide)이 발생하지 않게 지지해 준다[14]. 못갈래근은 허리뼈의 중립 상태에서 안정성을 제공하는 역할을 하며[15], 이러한 각각의 역할을 통해 허리 및 엉덩관절의 안정성 향상에 기여한다.

이전의 연구에 따르면, 엎드린 자세에서 열린 사슬 환경으로 엉덩관절 벌림 30° 후 펌을 수행할 때, 큰볼기근의 근활성도가 가장 향상되었다[16]. 선행 연구에서도 이러한 결과가 나온 이유는 근육 섬유질의 방향과 엉덩관절 운동 방향을 일치시켜 수행한 것이 영향을 미친 것으로 보고했다[16]. 그러므로 운동을 하는 동안 필수적으로 고려되는 요소는 근육과 관절 위치 내의 섬유질 배열이다[17]. 근육의 운동 방향이 근육의 섬유질 방향과 일치할 때, 근육의 활성도는 증가하는 것으로 밝혀졌다[18].

기존의 연구들을 보면, 교각 운동에서 큰볼기근과 넙다리두갈래근, 못갈래근의 근활성도를 촉진하기 위한 조사들이 많이 이루어져 왔다[19-21]. Choi 등[20]에 따르면, 엉덩관절 벌림을 포함한 한 다리(One-legged) 교각 운동은 같은 쪽(Ipsilateral) 배바깥빗근과 큰볼기근, 넙다리두갈래근의 근활성도를 한 다리 교각 운동을 수행했을 때보다 더 향상시켜 준다고 밝혔다. 반면, Atsushi 등[21]의 연구에서는, BOSU-ball로 불안정한 지지를 제공한 교각 운동을 실시하였을 때, 기존의 교각 운동과 비교하여 못갈래근을 포함한 몸통 근육들의 근활성도에서 유의한 차이가 확인되지 않았다. Kim과 Park [22]에 따르면, 닫힌 사슬 환경에서 교각 운동을 무릎 굽힘 90°, 60°로 실시할 경우 무릎 굽힘 120°보다 반힘줄근의 근활성도가 증가함을 보고하였다. 기존의 교각운동에서 한 쪽 엉덩관절의 모음이나 벌림이 포함되거나[23], 불안정한 지지면을 제공하였을 때 받는 영향에 대한 연구[20]가 존재하였다. 또한, 열린 사슬 자세에서 엉덩관절 벌림이 큰볼기근의 근활성도에 미치는 영향을 조사한 연구[16]가 존재함에 따라, 이를 바탕으로 본 연구에서는 양쪽 엉덩관절을 벌림한 상태에서 교각 운동을 수행하였을 때의 영향을 연구하고자 한다.

본 연구의 목적은 닫힌 사슬 자세에서 교각 운동 자세 수행 중 엉덩관절 벌림 각도가 0°, 15°, 30°일 때, 큰볼기근, 못갈래근, 넙다리두갈래근의 활성도와 근육 간의 비율에 어떠한 영향을 미치는지 조사하는 것이다. 이 연구의 첫 번째 가설은 교각 운동 수행 중 엉덩관절 벌림 각도가 30°일 때 0°, 15°보다 큰볼기근의 유의한 증가가 있을 것이다. 두 번째 가설은 엉덩관절 벌림 각도가 30°일 때 0°, 15°보다 큰볼기근과 넙다리두갈래근과의 비율, 큰볼기근과 못갈래근 간의 비율에서 유의한 증가가 있을 것으로 설정하였다.

MATERIALS AND METHODS

1. 연구대상

건강한 성인 남녀 20명이 본 연구를 위하여 자발적으로 참여하였다(11 males, 9 females; 22.75 ± 2.24 years old; 167.82 ± 9.57 cm; 66.95 ± 16.72 kg). 참여대상은 1) 엉덩관절 및 무릎관절에 특별한 질환이 없는 자, 2) 최근 12개월 이내에 관절 통증이나 질병이 없던 자를 대상으로 선정하였다. 연구대상자의 제외기준은 1) 6개월 이내에 허리 골반 팔다리 질환 경험이 있는 자, 2) 6개월 이내에 신경학적 질환 경험이 있는 자, 3) 6개월 이내에 근골격계 질환 경험이 있는 자, 4) 엉덩관절 전방활주 증후군이 있는 자, 5) 다리를 움직일 때 엉덩관절 통증이 있는 자, 6) 비정상적인 움직임(바깥돌림, 안쪽돌림)이 있는 자, 7) 교각 운동을 할 때 통증이 있는 자로 설정하였다. 연구 프로토콜은 모든 실험참여자에게 자세히 설명되었으며 각 실험참여자는 사전에 서면 동의를 받았다.

2. 측정방법 및 도구

1) 근활성도

큰볼기근, 넙다리두갈래근, 못갈래근의 근활성도 측정을 위해 electromyography (EMG) (wireless EMG System 1000, BTS, Milan, Italy) 장비와 전용 프로그램을 이용하였다. 여과필터(60 Hz), 대역 통과 필터(20-450 Hz), 표본추출률(1,024 Hz)로 설정하였고, 수집된 근활성도는 root mean square를 사용하여 처리하였다. 표면전극 부착 부위는 신호의 피부저항을 최소화하기 위해 부착 전, 배치 부위를 면도하였다. 그 후 알코올 솜을 사용하여 피부를 정리했다. 표면 전극의 방향은 근섬유 방향과 수평이 되도록 부착하였고, 전극 간 거리는 2 cm로 하였다. 전극 부착 부위는 Criswell [24]의 가이드라인대로 부착하였다. 못갈래근은 위뒤엉덩뼈가시(posterior superior iliac spine)를 가로지르는 선상의 L5 가시돌기에서 바깥으로 2 cm 떨어진 지점[24], 큰볼기근은 엉치뼈 4, 5번과 큰돌기(greater trochanter)를 대각선으로 이은 선의 중심에 부착하였다[24]. 넙다리두갈래근은 다리의 바깥면에서 2 cm와 무릎 뒤쪽에서 큰 돌기를 이은 선의 3분의 2 지점과 만나는 점에 부착하였다[24]. 본 실험에 들어가기 앞서 수집된 근활성도를 표준화하기 위해 최대 자발적 등척성 수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC)을 측정하였다. %MVIC는 큰볼기근과 넙

다리두갈래근, 못갈래근 근수축을 표준화하기 위해 사용되었다. 근육 측정 위치는 Kendall 등[25]의 가이드라인에 따라 측정하였다(Figure 1). 모든 측정은 5초간 수행, 5초간 휴식하였으며 하나의 근육당 3회 반복측정 하였다. 측정 시작 및 종료의 각각 1초를 제외하고, 2-4초의 신호를 분석하였다.

3. 실험 절차

연구참여자는 운동에 익숙할 수 있도록 세 가지 다른 각도의 엉덩관절 벌림을 함께한 교각 운동을 10분 동안 수행하며 각 운동 자세를 정확하게 연습하였다. 세 가지 다른 각도의 엉덩관절 벌림을 함께한 교각 운동의 순서는 마이크로소프트 엑셀(Microsoft, Redmond, WA, USA)을 이용하여 무작위 순서로 할당하였다. 운동 수행 시간을 표준화하기 위하여 분당 60비트로 설정된 메트로놈을 사용하였다.

1) Bridge exercise (교각운동)

먼저 대상자를 바로 눕게 하고 몸통 옆으로 팔을 놓게 하였다. 그 후 양쪽 무릎관절 굽힘 90°를 실시하였다. 엉덩관절 벌림 각도에 따라 대상자의 양쪽 허벅지와 발을 바닥에 표시된 0°, 15°, 30°에 맞게 위치하였으며, 양쪽 엉덩관절의 벌림 각도는 고니오미터로 측정되었다(Figure 2).

모든 운동이 같은 조건으로 실시되도록 하기 위하여 먼저 타겟 바를 실험참여자의 엉덩관절 옆에 위치하고 엉덩관절 펌 0° 상태까지 교각 운동을 수행한 후, 실험자는 대상자의 엉덩관절 높이를 타겟바에 표시하였다. 교각 운동 시 타겟바에 표시된 위치까지 엉덩관절 펌을 실시하

였으며, 운동 시간은 표시된 위치에 엉덩관절이 도달한 후부터 5초를 측정하였다. 실험참여자가마다 신체조건이 다르기 때문에 양쪽 무릎관절 굽힘 90°와 엉덩관절 펌 0°가 수행된 것을 고니오미터로 확인하였다. 운동은 각각 5초 동안 3번씩 수행했으며 운동 사이에 3분의 휴식을 취했다.

4. 자료 분석

본 연구의 데이터는 모두 IBM SPSS Statistics 20.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 사용하여 분석되었다. 모든 변수들이 정규 분포되었는지 확인하기 위하여 Kolmogorov-Smirnov 검정법이 사용되었다. 교각 운동 자세 수행 중 엉덩관절 벌림 각도가 0°, 15°, 30°일 때, 큰볼기근, 못갈래근, 넙다리두갈래근의 근활성도를 비교하기 위하여 일원배치 반복측정 분산분석이 사용되었다. 1종 오류(Type 1 error) 없이, 3가지 운동 사이의 유의한 차이를 정확히 확인하기 위해 유의수준 0.05를 3으로 나누어 0.01로 설정하였고, 본페로니 수정법을 사용하였다.

RESULTS

1. 근활성도

3개의 서로 다른 엉덩관절 벌림 각도에 따른 교각 운동 중 양쪽 못갈래근과 오른쪽 넙다리두갈래근의 근활성도에서는 통계학적 유의한 차이가 확인되지 않았다(adjusted p-value [Padj] > 0.01; Table 1, Figure 3). 3개의 서로 다른 엉덩관절 벌림 각도에 따른 교각 운동 중

Figure 1. (A) Maximal voluntary isometric contraction testing posture of multifidus. (B) Maximal voluntary isometric contraction testing posture of gluteus maximus. (C) Maximal voluntary isometric contraction testing posture of biceps femoris.

Figure 2. Bridge exercise with hip abduction. (A) Bridge exercise with 0° hip abduction. (B) Bridge exercise with 15° hip abduction. (C) Bridge exercise with 30° hip abduction.

Table 1. Changes of muscle activities for three different hip abduction angles

Muscles	Maximal voluntary isometric contraction			F-value	p-value
	0°	15°	30°		
Rt.MF	58.03 ± 12.66	54.76 ± 10.10	56.88 ± 13.65	3.146	0.067
Lt.MF	60.89 ± 16.07	57.04 ± 13.15	60.02 ± 15.54	4.534	0.025
Rt.GM	22.27 ± 13.28	27.57 ± 13.66	41.91 ± 20.96	15.989	< 0.01*
Rt.BF	22.86 ± 11.29	23.14 ± 12.50	24.60 ± 12.24	0.362	0.701

Values are presented as mean ± standard deviation. Rt.MF, right multifidus; Lt.MF, left multifidus; Rt.GM, right gluteus maximus; Rt.BF, right biceps femoris. *Significant difference.

Figure 3. Changes of muscle activities for three different hip abduction angles. Rt.MF, right multifidus; Lt.MF, left multifidus; Rt.BF, right biceps femoris; Rt.GM, right gluteus maximus; %MVIC, maximal voluntary isometric contraction. *Significant difference.

Table 2. Changes of GM/BF electromyography amplitude ratio for three different hip abduction angles

Muscles	Ratio			F-value	p-value
	0°	15°	30°		
GM/BF	1.11 ± 0.68	1.55 ± 1.13	2.10 ± 1.43	9.138	< 0.01*

Values are presented as mean ± standard deviation. GM, gluteus maximus; BF, biceps femoris. *Significant difference.

오른쪽 큰볼기근의 근활성도에서는 통계학적 유의한 차이가 확인되었다(Padj < 0.01; Table 1, Figure 3). 엉덩관절 벌림 30°에서 교각 운동을 수행했을 때의 큰볼기근 근활성도가 벌림 0°, 15°에서 수행했을 때보다 통계학적으로 유의한 증가를 확인할 수 있었다(Padj < 0.01; Table 1, Figure 3).

2. 근활성도 비율

3개의 서로 다른 엉덩관절 벌림 각도에 따른 교각 운동 중 큰볼기근과 넙다리두갈래근 간의 근활성도 비율을 비교했을 때 세 각도 간에 통계학적인 유의한 차이가 있었다(Padj < 0.01; Table 2, Figure 4). 엉덩관절 벌림 0°와 벌림 15°를 비교했을 때 큰볼기근과 넙다리두갈래

근의 비율이 통계학적으로 유의하게 증가하였고, 벌림 15°와 벌림 30° 비교 시 통계학적 유의한 증가가 확인되었다. 또한, 벌림 0°와 30° 비교 시 통계학적 유의한 증가가 있음을 확인할 수 있었다(Padj < 0.01; Table 2, Figure 4).

3개의 서로 다른 엉덩관절 벌림 각도에 따른 교각 운동 중 큰볼기근과 못갈래근 간의 근활성도 비율을 비교했을 때 세 각도 간에 통계학적인 유의한 차이가 있었다(Padj < 0.01; Table 3, Figure 5). 엉덩관절 벌림 0°와 벌림 15°를 비교했을 때 큰볼기근과 못갈래근의 비율이 통계학적으로 유의하게 증가하였고 벌림 0°와 30° 비교 시 통계학적 유의한 증가가 있음을 확인할 수 있었다(Padj < 0.01; Table 3, Figure 5).

Figure 4. Changes of GM/BF electromyography amplitude ratio for three different hip abduction angles. GM, gluteus maximus; BF, biceps femoris. *Significant difference.

DISCUSSION

본 연구는 세 가지 다른 엉덩관절의 벌림 각도를 포함한 교각 운동 중 큰볼기근, 넙다리두갈래근, 못갈래근의 근활성도 변화를 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과로 엉덩관절 벌림 30°를 포함한 교각 운동은 벌림 0°, 15°와 비교 시 큰볼기근의 근활성도가 통계학적으로 유의하게 증가하였다(엉덩관절 벌림 30° 시 0°보다 88.1% 상승, 15°보다 52.01% 상승) (Padj < 0.01). 넙다리두갈래근과 못갈래근의 근활성도는 세 가지 각도에서 통계학적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다(Padj > 0.01).

또한, 교각운동 수행 중 엉덩관절 벌림 0°, 15°, 30°를 비교했을 때 큰볼기근과 넙다리두갈래근의 비율 간에 통계학적으로 유의한 차이가 확인되었다(엉덩관절 벌림 30° 시 0°보다 89.18% 상승, 15°보다 35.48% 상승) (Padj < 0.01). 교각운동 수행 중 엉덩관절 벌림 0°, 15°, 30°를 비교하였을 때 큰볼기근과 양쪽 못갈래근의 비율 간에 통계학적으로 유의한 차이가 있었다(엉덩관절 벌림 30° 시 오른쪽 못갈래근은 0°보다 89.74% 상승, 15°보다 42.30% 상승, 왼쪽 못갈래근은 0°보다 89.74% 상승, 15°보다 45.09% 상승) (Padj < 0.01).

큰볼기근의 근활성도가 교각 운동 수행 중 엉덩관절 벌림 30°에서 가장 큰 증가를 보였던 이유는, 모멘트암 길이가 길수록 근육의 토크 값은 증가하기 때문에 근육의 활성도가 증가한 것으로 생각된다[26]. 엉덩관절 벌림 각도가 클수록 큰볼기근의 모멘트암의 길이가 증가하기 때문에[16], 벌림 0°, 15°보다 벌림 30°에서 교각 운동을 수행할 때, 큰볼기근의 모멘트암 길이의 증가가 근활성도 증가에 기여한 것으로 보인다. 근육의 부착 위치와 관절 위치는 엉덩관절에서 동작을 수행하면서 토크 또는 회전 모멘트의 발생을 결정하는 요소이기 때문에, 이와

Table 3. Changes of GM/MF electromyography amplitude ratio for three different hip abduction angles

Muscles	Ratio			F-value	p-value
	0°	15°	30°		
GM/Rt.MF	0.39 ± 0.25	0.52 ± 0.30	0.74 ± 0.47	12.156	< 0.01*
GM/Lt.MF	0.39 ± 0.28	0.51 ± 0.31	0.74 ± 0.47	12.704	< 0.01*

Values are presented as mean ± standard deviation. GM, gluteus maximus; Rt.MF, right multifidus; Lt.MF, left multifidus. *Significant difference.

Figure 5. Changes of GM/MF electromyography amplitude ratio for three different hip abduction angles. GM, gluteus maximus; Rt.MF, right multifidus; Lt.MF, left multifidus. *Significant difference.

같은 연구결과가 나온 것으로 생각된다[27]. 그리고 근육 내의 섬유 배열은 방추형, 깃털형, 부채형 등으로 분류된다. 방추형 근육은 근육의 세로축과 평행하게 뻗어 있는 섬유로 구성되어 있다. 방추형 근육은 생성된 전체 근육 장력에 기여함으로써 근수축으로부터 직접적인 장력을 생성한다[16]. 큰볼기근은 방추형 근육이기 때문에 근활성화를 최적화하기 위해서 큰볼기근의 근섬유는 근육이 수축하는 선과 같은 방향에 있어야 한다[16].

Lee 등[28]의 선행연구에 따르면, 어깨관절이 0°에서 90°로 벌림되면서 모멘트암의 길이가 증가하는 동안 어깨관절 벌림 근육인 어깨세모근 및 가시위근의 근활성도가 증가함을 알 수 있었다. Kang 등[16]의 연구를 보면, 엎드린 자세에서 열린 사슬 운동 방식의 엉덩관절 펌 운동을 수행하는 동안, 엉덩관절 벌림 30° 시 큰볼기근의 근활성도가 가장 향상되었다. 또한 큰볼기근의 근수축 개시시간(on-set time)이 가장 빨랐다. 선행 연구들에서 이와 같은 연구 결과가 나온 이유는 각 근섬유의 방향과 운동 동작이 일치하기 때문에 근활성도가 증가함을 설명할 수 있다[28]. 큰볼기근의 근섬유는 엉치뼈와 넓다리뼈 큰돌기에 붙어있어 약 30°의 각도를 이루기 때문에, 엉덩관절 벌림 30°으로 교각 운동 시 큰볼기근의 근섬유 방향과 근육이 수축하는 방향이 일치하여 나타난 결과로 판단된다[16].

본 연구는 엉덩관절 벌림을 포함하여 닫힌 사슬 환경에서 교각 운동을 수행하였기 때문에 열린 사슬에서 엉덩관절 벌림을 포함한 Kang 등[16]의 선행연구와 직접적인 비교는 어려울 수 있지만, 본 연구 역시 선행연구[16]와 같이 엉덩관절 벌림 각도가 큰볼기근의 근활성도와 주변 근육들과의 근활성도 비율에 영향을 미침을 확인할 수 있었다. 하지만, 교각 운동의 경우 일반적으로 닫힌 사슬에서 수행되는 운동이기 때문에[19], 열린 사슬에서 수행하는 운동과 비교하였을 때 엉덩관절 펌을 수행하면서 더 기능적인 운동이라고 볼 수 있다[29].

또한, 엉덩관절 벌림 0°, 15°보다 30°에서 큰볼기근의 근활성도가 통계학적으로 유의한 증가를 보였기 때문에 넓다리두갈래근과 못갈래근의 근활성도에서는 유의한 차이가 없었음에도 불구하고, 큰볼기근과 넓다리두갈래근, 큰볼기근과 못갈래근의 근활성도 비율에서 통계학적으로 유의한 차이를 확인할 수 있었다. 이러한 연구의 결과는 교각 운동을 엉덩관절 벌림 30°로 수행하는 것이 선택적으로 큰볼기근을 활성화하는 동시에 인접한 근육 간의 근활성도 비율에서도 효율적일 수 있다고 판단된다.

엉덩관절 펌을 하는 근육에는 큰볼기근과 넓다리두갈래근이 포함된다[1]. 하지만 넓다리두갈래근은 동시에 무릎 굽힘 동작을 수행하는 주요 근육이다[1]. 큰볼기근의 약화와 넓다리두갈래근의 우세화가 발생되면, 엉덩관절 펌을 수행하면서 넓다리뼈 머리의 중심이 유지되지 않고, 과도한 이동을 유발할 수 있다[30]. 또한 큰볼기근의 충분한 활성화 없이 주변 근육들이 동원(recruitment)될 경우, 엉덩관절 움직임에 손상을 만들 수 있고, 무릎관절의 손상을 만들 수 있다[31]. 따라서 큰볼기근과 넓다리두갈래근 사이의 근육 불균형을 최소화하면서, 큰볼기근을 선택적으로 활성화시키는 것은 엉덩관절 움직임 손상을 최소화하면

서, 정확한 움직임을 위해서 임상적으로 중요하다고 볼 수 있다.

본 연구에는 몇 가지 제한점이 존재한다. 첫째, 본 연구는 나이와 건강상태에 대해 다양한 실험군이 아닌, 건강하고 젊은 성인만이 참여 대상으로 진행되었다. 따라서 고령인 대상자 또는 환자군에게 일반화할 수 없다. 추후 연구에서는 연령대별 또는 환자군을 포함한 다양한 연구 대상자의 조사가 필요하다. 둘째, 세 가지 엉덩관절의 벌림 각도를 포함한 교각 운동 중 못갈래근, 넓다리두갈래근, 큰볼기근을 제외한 엉덩관절 주위 근육의 근 수축 개시시간 및 근활성도를 측정하지 않았다. 셋째, 근활성도 모니터링을 하기 위해 표면 근전도를 사용했지만 인접한 근육에서의 cross-talk 가능성이 있다. 넷째, 이 연구는 단면적 연구로 실시되었기 때문에 운동을 장기간으로 수행하였을 때의 변화를 본 연구를 통하여 판단하기에는 어려움이 있다.

CONCLUSIONS

본 연구는 닫힌 사슬 환경에서 교각운동 수행 중 엉덩관절 벌림이 0°, 15°, 30°일 때, 큰볼기근, 못갈래근, 넓다리두갈래근의 근활성도를 비교·분석하여 엉덩관절 벌림 각도와 근활성도 관계를 규명하였다. 큰볼기근은 엉덩관절 벌림 0°, 15°보다 30°에서 근활성도가 가장 향상되었으며, 큰볼기근과 넓다리두갈래근의 근활성도 비율도 엉덩관절 벌림 0°, 15°과 비교하였을 때 벌림 30°에서 통계학적으로 유의한 증가를 보였다. 결론적으로, 엉덩관절 벌림 30°에서 교각 운동을 수행하는 것은 큰볼기근의 근활성도 촉진과 큰볼기근과 넓다리두갈래근 간의 근활성도 비율이 향상되면서, 선택적인 큰볼기근 근력 운동으로 제안될 수 있다.

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was funded by the university innovation support project of Hoseo University, grant number 221-01.

CONFLICTS OF INTEREST

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization: ICJ. Data curation: JSC, TJJ. Formal analysis: TJJ. Funding acquisition: ICJ. Investigation: JSC. Methodology: JSC, TJJ. Supervision: ICJ. Validation: ICJ. Writing - original draft: JSC, TJJ. Writing - review & editing: ICJ.

ORCID

Ji-Seok Choi, <https://orcid.org/0000-0001-9076-3287>

Tae-Jin Jang, <https://orcid.org/0000-0001-7704-2039>

REFERENCES

- Neumann D. Kinesiology of the musculoskeletal system. 3rd ed. St. Louis (MO): Elsevier; 2016;486-96.
- Conneely M, O'Sullivan K. Gluteus Maximus and Gluteus Medius in pelvic and hip stability: isolation or synergistic activation? *Physiother Irel* 2008;29(1):6-10.
- Kuszewski M, Gnat R, Saulicz E. Stability training of the lumbo-pelvo-hip complex influence stiffness of the hamstrings: a preliminary study. *Scand J Med Sci Sports* 2009;19(2):260-6.
- Hasenbring MI, Hallner D, Rusu AC. Fear-avoidance- and endurance-related responses to pain: development and validation of the avoidance-endurance questionnaire (AEQ). *Eur J Pain* 2009;13(6):620-8.
- Sakamoto ACL, Teixeira-Salmela LF, Rodrigues de Paula, Guimarães CQ, Faria CDCM. Gluteus maximus and semitendinosus activation during active prone hip extension exercises. *Rev Bras Fisioter* 2009;13(4):335-42.
- Ono T, Higashihara A, Fukubayashi T. Hamstring functions during hip-extension exercise assessed with electromyography and magnetic resonance imaging. *Res Sports Med* 2011;19(1):42-52.
- Neto WK, Soares EG, Vieira TL, Aguiar R, Chola TA, Sampaio VL, et al. Gluteus maximus activation during common strength and hypertrophy exercises: a systematic review. *J Sports Sci Med* 2020;19(1):195-203.
- Ekstrom RA, Donatelli RA, Carp KC. Electromyographic analysis of core trunk, hip, and thigh muscles during 9 rehabilitation exercises. *J Orthop Sports Phys Ther* 2007;37(12):754-62.
- O'Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk G. Physical rehabilitation. 7th ed. Philadelphia (PA): F.A. DAVIS; 2019;647-9.
- Bae J. The effect of bridging exercises featuring various knee-joint angles on balance and muscle activity. Cheonan, Nam-seoul University, Master's thesis. 2014.
- Drysdale CL, Earl JE, Hertel J. Surface electromyographic activity of the abdominal muscles during pelvic-tilt and abdominal-hollowing exercises. *J Athl Train* 2004;39(1):32-6.
- Jang EM, Kim MH, Oh JS. Effects of a bridging exercise with hip adduction on the EMG activities of the abdominal and hip extensor muscles in females. *J Phys Ther Sci* 2013;25(9):1147-9.
- Wilson J, Ferris E, Heckler A, Maitland L, Taylor C. A structured review of the role of gluteus maximus in rehabilitation. *N Z J Physiother* 2005;33(3):95-100.
- Singleton MC, LeVeau BF. The hip joint: structure, stability, and stress; a review. *Phys Ther* 1975;55(9):957-73.
- Freeman MD, Woodham MA, Woodham AW. The role of the lumbar multifidus in chronic low back pain: a review. *PM R* 2010;2(2):142-6; quiz 1 p following 167.
- Kang SY, Jeon HS, Kwon O, Cynn HS, Choi B. Activation of the gluteus maximus and hamstring muscles during prone hip extension with knee flexion in three hip abduction positions. *Man Ther* 2013;18(4):303-7.
- Soderberg GL. Muscle mechanics and pathomechanics. Their clinical relevance. *Phys Ther* 1983;63(2):216-20.
- Smidt GL, Rogers MW. Factors contributing to the regulation and clinical assessment of muscular strength. *Phys Ther* 1982;62(9):1283-90.
- Yoon JO, Kang MH, Kim JS, Oh JS. Effect of modified bridge exercise on trunk muscle activity in healthy adults: a cross sectional study. *Braz J Phys Ther* 2018;22(2):161-7.
- Choi K, Bak J, Cho M, Chung Y. The effects of performing a one-legged bridge with hip abduction and use of a sling on trunk and lower extremity muscle activation in healthy adults. *J Phys Ther Sci* 2016;28(9):2625-8.
- Imai A, Kaneoka K, Okubo Y, Shiina I, Tatsumura M, Izumi S, et al. Trunk muscle activity during lumbar stabilization exercises on both a stable and unstable surface. *J Orthop Sports Phys Ther* 2010;40(6):369-75.
- Kim J, Park M. Changes in the activity of trunk and hip extensor muscles during bridge exercises with variations in unilateral knee joint angle. *J Phys Ther Sci* 2016;28(9):2537-40.
- García-Vaquero MP, Moreside JM, Brontons-Gil E, Peco-González N, Vera-García FJ. Trunk muscle activation during stabilization exercises with single and double leg support. *J Electromyogr Kinesiol* 2012;22(3):398-406.
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography. 2nd ed. Sudbury (MA): Jones & Bartlett Publishers; 2010.
- Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Rodgers MM, Romani WA. Muscles: testing and function with posture and pain. 5th ed. Baltimore (MD): Lippincott Williams & Wilkins; 2005;560.
- Hori M, Suga T, Terada M, Miyake Y, Nagano A, Isaka T.

- Torque-producing capacity is affected by moment arm in the human knee extensors. *BMC Res Notes* 2020;13(1):343.
27. **Kang SY, Choung SD, Jeon HS.** Modifying the hip abduction angle during bridging exercise can facilitate gluteus maximus activity. *Man Ther* 2016;22:211-5.
 28. **Lee W, Ha S, Park K, Kim S, Weon J, Choi H.** A comparison of EMG activity for middle and lower trapezius muscle according to shoulder abduction angles. *Phys Ther Korea* 2011;18(1):47-56.
 29. **Gbiri CA, Okafor UAC, Alade MT.** Comparative efficacy of open-chain and close-chain kinematics on proprioception, muscles strength and functional performances in individual with knee osteoarthritis. *Occup Med Health Aff* 2013;1(1):104.
 30. **Jeon IC.** Comparison of test-retest measurement reliability of iliopsoas strength between break and make test in subjects with lumbar extension syndrome. *J Musculoskelet Sci Technol* 2019;3(2):54-8.
 31. **Fisher BE, Southam AC, Kuo YL, Lee YY, Powers CM.** Evidence of altered corticomotor excitability following targeted activation of gluteus maximus training in healthy individuals. *Neuroreport* 2016;27(6):415-21.